

STUDI DEFORMASI PERKUATAN TANAH LUNAK DENGAN CERUCUK MIRING

Tri Harianto¹, Ardy Arsyad², Wahyu Effendi³

Abstract: Wood piles are commonly used to improve bearing capacity and to reduce settlements below embankments on soft soil. Indonesian that consists of lowland areas and around the coast, particularly in large river estuary, many found the soft clay soil and swamp as alluvial deposits or river delta. This area has a lot of dolken and gelam wood resources derived from mangrove forests. Dolken wood is a type of wood that is not easily weathered though submerged in water. This study uses a laboratory model to study the behavior of embankment using dolken wood pile. There were two methods of dolken wood pile installation: stand-up position and oblique position (slope 15°). The purpose of the installation were to analyze settlement behavior, horizontal deformation, vertical deformation, and the excess of the pore pressure on soft soil. Laboratory test results showed that the use of sloping dolken wood pile able to reduce a decline of up to 33.2%.

Keywords: Deformation, embankment, soft soil, wood pile

Abstrak: Cerucuk kayu umumnya digunakan untuk meningkatkan daya dukung dan mereduksi penurunan di bawah *embankment* pada tanah lunak. Wilayah Indonesia yang terdiri dari daerah dataran rendah dan di sekitar pantai, terutama di muara sungai besar, banyak dijumpai tanah lempung lunak dan rawa sebagai endapan alluvial atau delta. Daerah tersebut memiliki sumber daya kayu dolken dan gelam melimpah yang berasal dari hutan bakau. Kayu dolken merupakan jenis kayu yang tidak mudah lapuk meskipun terendam air. Penelitian ini menggunakan model uji laboratorium untuk mempelajari perilaku *embankment* dengan menggunakan cerucuk kayu dolken. Cerucuk kayu dolken dipasang dengan dua metode berbeda, yaitu posisi tegak dan posisi miring (kemiringan 15°). Tujuan pemasangan ini adalah mempelajari perilaku penurunan, deformasi horizontal, deformasi vertikal, dan kelebihan tekanan air pori pada tanah lunak. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa penggunaan cerucuk miring kayu dolken mampu mereduksi penurunan hingga sebesar 33,2%.

Kata Kunci: Deformasi, timbunan, tanah lunak, cerucuk kayu

I. PENDAHULUAN

Perkuatan tanah didefinisikan sebagai suatu inklusi elemen-elemen penahan ke dalam massa tanah yang bertujuan untuk menaikkan perilaku mekanis tanah. Manfaat perkuatan tanah akan terlihat jelas pada tempat yang kondisi tanah fondasinya jelek dan areanya marginal, sehingga bila digunakan teknik yang lain umumnya jauh lebih mahal. Pemakaian perkuatan tanah kiranya sangat cocok untuk digunakan pada lereng dan timbunan. Dengan menggunakan perkuatan tanah akan diperoleh suatu struktur tanah diperkuat yang koheren dan fleksibel, sehingga mempunyai toleransi terhadap deformasi yang besar, mudah dilaksanakan, berbagai material timbunan dapat digunakan, lebih tahan terhadap beban seismik, lebih ekonomis dari metode konvensional, dan mempunyai pilihan tipe elemen permukaan.

Konstruksi timbunan merupakan salah satu metode untuk menyesuaikan elevasi permukaan tanah. Pemberian beban timbunan di atas tanah

lunak akan memberikan tambahan tegangan (σ) yang mengakibatkan deformasi dan konsolidasi sekaligus menambah besar kuat geser tanah. Kondisi ini sering disebut dengan peristiwa gain strength. Untuk kasus timbunan di atas tanah lempung lunak, dibutuhkan metode untuk menyelesaikan masalah rendahnya tingkat daya dukung. Peningkatan daya dukung tanah dapat dilakukan dengan penimbunan bertahap dan perkuatan dengan cerucuk.

Cerucuk berfungsi untuk memindahkan beban timbunan ke lapisan yang lebih keras di bawah lapisan lunak (tiang tahanan ujung) atau berfungsi untuk mendistribusikan beban melalui kedalaman lapisan dengan memanfaatkan lekatan antara tanah dan permukaan cerucuk (tiang lekat). Cerucuk akan dapat mengurangi penurunan dan meningkatkan stabilitas timbunan.

¹ Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

² Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

³ Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Tiga pendekatan dasar diterapkan dalam penggunaan cerucuk ini:

- Memikul seluruhnya: cerucuk memikul seluruh beban timbunan sampai ke lapisan keras, sehingga mengurangi penurunan menjadi sangat kecil,
- Memikul sebagian: cerucuk tidak didesain untuk memikul seluruh beban dari timbunan, penurunan dikurangi tetapi tidak dihilangkan,

Memikul setempat: cerucuk didesain untuk memikul hanya sebagian dari timbunan, biasanya pada areal pinggir timbunan dengan maksud untuk meningkatkan stabilitasnya

Praktik penggunaan cerucuk di lapangan menunjukkan peningkatan daya dukung sekaligus mereduksi penurunan tanah lunak. Pengembangan cerucuk harus lebih ekonomis, dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, dapat dilaksanakan dengan mudah dan dalam perencanaan dapat dengan mudah dipahami oleh para perencana. Penggunaan cerucuk kayu sebagai bahan perkuatan diharuskan berasal dari jenis kayu dengan tingkat keawetan yang tinggi, banyak tersedia di alam dan penggunaannya tidak mengganggu keseimbangan ekosistem.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pemeriksaan Karakteristik Material Tanah

Pengujian karakteristik tanah yang digunakan adalah kadar air dan berat isi tanah, berat jenis tanah, analisis saringan dan hidrometer, batas-batas Atterberg, kompaksi, kuat tekan bebas, dan geser langsung yang sesuai dengan standar pengujian yang disyaratkan (SNI, ASTM, AASHTO).

B. Pemeriksaan Karakteristik Material Kayu

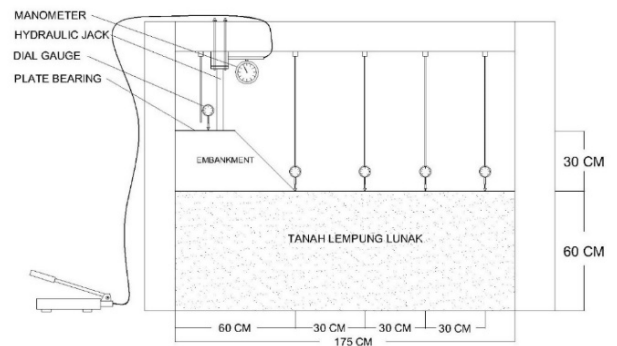
Pengujian karakteristik kayu yang digunakan adalah kadar air, kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik, dan kuat belah langsung yang sesuai dengan standar pengujian yang disyaratkan (SNI, ASTM, AASHTO) dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan dan kelas kayu.

C. Pembuatan Model Preloading Embankment

Pembuatan model dibuat menjadi tiga variasi, yaitu tanpa perkuatan, dengan perkuatan cerucuk tegak, dan dengan perkuatan cerucuk miring.

1. Tanpa Perkuatan

Tanah lempung dimasukkan ke dalam bak pengujian berukuran $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$. Tanah dasar menggunakan tingkat kepadatan 80% dari kepadatan maksimum yang didapatkan pada pengujian kepadatan standar kompaksi. Dalam pengujian ini tanah dasar dimodelkan setinggi 0,6 m. Tanah timbunan berupa tanah lempung lalu dimasukkan di atas tanah dasar dan dimodelkan sebagai *embankment* jalan setinggi 0,3 m dengan kemiringan *embankment* 1:1.

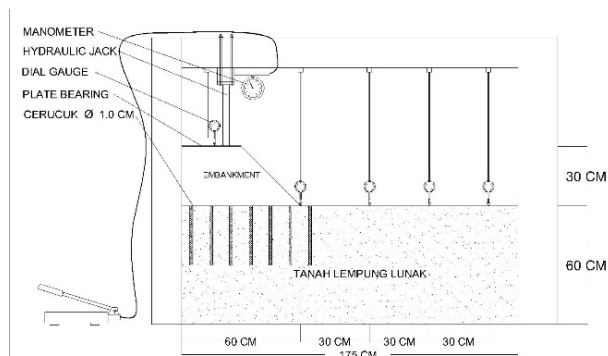


Gambar 3.1 Sketsa model bak uji tanpa perkuatan

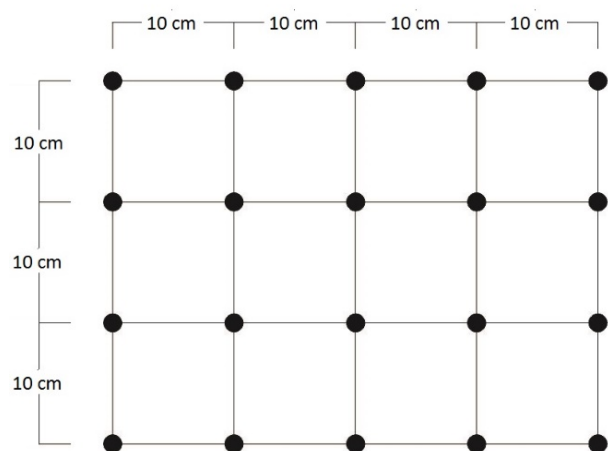
Dial indikator (*dial gauge*) diletakkan pada enam posisi. Dial indikator yang pertama diletakkan tepat di atas pelat *loading*, kemudian dial indikator yang kedua diletakkan pada pinggir bawah kemiringan *embankment* untuk membaca deformasi yang terjadi pada pinggir bawah *embankment*, dial yang lainnya diletakkan dari pinggir *embankment* secara berurutan berjarak 25 cm, 50 cm, 75 cm, dan 100 cm untuk melakukan pembacaan deformasi yang terjadi pada permukaan tanah.

2. Dengan Perkuatan Cerucuk Tegak

Selanjutnya *embankment* dalam bak dibongkar dan dilakukan perkuatan pada tanah dasar menggunakan cerucuk tegak. Cerucuk kayu dolken kemudian dipancang tegak lurus terhadap permukaan tanah lempung dengan jarak peletakan cerucuk tegak pada permukaan tanah dasar memanjang adalah 10 cm seperti pada Gambar 3.12. Tanah dasar yang telah diberi perkuatan cerucuk kemudian diberikan timbunan setinggi 30 cm. Selanjutnya pelat baja (*loading plate*) diletakkan pada permukaan atas pada *embankment* dan nantinya akan dibebani menggunakan alat pembebanan hidrolik (*loading cell*).



Gambar 3.2 Sketsa model bak uji dengan perkuatan cerucuk tegak



Gambar 3.3 Sketsa jarak peletakan antarcerucuk tegak pada bak uji

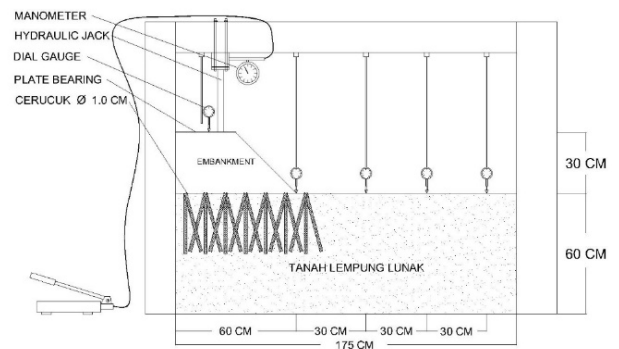
Dial indikator (*dial gauge*) diletakkan pada enam posisi. Dial indikator yang pertama diletakkan tepat di atas pelat loading, kemudian dial indikator yang kedua diletakkan pada pinggir bawah kemiringan *embankment* untuk membaca deformasi yang terjadi pada pinggir bawah *embankment*, dial yang lainnya diletakkan dari pinggir *embankment* secara berurutan berjarak masing-masing 30 cm untuk melakukan pembacaan deformasi yang terjadi pada permukaan tanah.

3. Dengan Perkuatan Cerucuk Miring

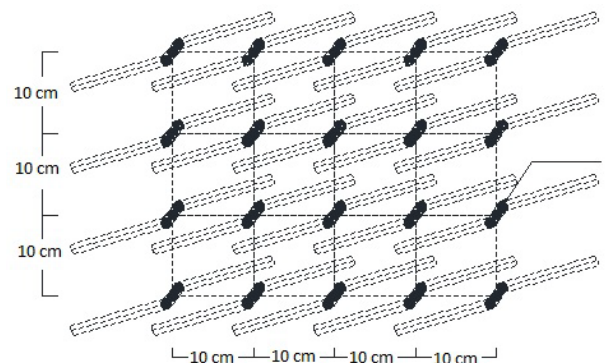
Selanjutnya *embankment* di dalam bak uji dibongkar dan dilakukan perkuatan tambahan pada dasar timbunan menggunakan cerucuk miring. Dua cerucuk tambahan dipancang miring pada tanah dasar dengan asumsi kemiringan 15° terhadap cerucuk tegak seperti pada Gambar 3.14. Untuk menyatukan ketiga batang kayu dolken tersebut, pada ujung atas atau *pile cap* ketiga batang kayu diikat dengan

menggunakan kawat pengikat seperti yang terdapat pada Gambar 3.15.

Tanah dasar yang telah diberi perkuatan cerucuk kemudian diberikan kembali timbunan setinggi 30 cm. Selanjutnya pelat baja (*loading plate*) diletakkan pada permukaan atas *embankment* dan nantinya akan dibebani menggunakan alat pembebanan hidrolik (*loading cell*).



Gambar 3.4 Sketsa model bak uji dengan perkuatan cerucuk miring



Gambar 3.5 Sketsa jarak peletakan antarcerucuk miring pada bak uji

Dial indikator (*dial gauge*) diletakkan pada enam posisi. Dial indikator yang pertama diletakkan tepat diatas pelat *loading*, kemudian dial indikator yang kedua diletakkan pada pinggir bawah kemiringan *embankment* untuk membaca deformasi yang terjadi pada pinggir bawah *embankment*, dial yang lainnya diletakkan dari pinggir *embankment* secara berurutan berjarak masing-masing 30 cm untuk melakukan pembacaan deformasi yang terjadi pada permukaan tanah.

III. STANDAR PENELITIAN

Tabel 1 Pengujian Karakteristik Fisis Tanah

Pengujian	Metode Standar
Kadar Air dan Berat Isi	ASTM D2216-71
Berat Jenis	ASTM D854-58(72)
Analisis Saringan dan Hidrometer	ASTM D1140-54, D421-58 & D422-63
Batas-Batas Atterberg	ASTM D3080-72
Konsolidasi	ASTM D1140-54

Tabel 2 Pengujian Karakteristik Mekanis Tanah

Pengujian	Metode Standar
Kompaksi	ASTM D1557-70 & AASHTO T99-70
Kuat Tekan Bebas	ASTM D2166-66
Geser langsung	ASTM D3080, AASHTO T236

Tabel 3 Pengujian Karakteristik Kayu

Pengujian	Metode Standar
Kadar Air	SNI-03-6850-2002
Kuat Tekan	SNI 03-3958-1995
Kuat Lentur	SNI 03-3959-1995
Kuat Tarik	SNI-03-3399-1994
Kuat Belah	SNI-03-6841-2002

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material Tanah

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Tanah Dasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	
	Nilai	Unit
Kadar Air (w)	34.17	%
Berat jenis (G_s)	2.72	
Analisis Saringan		
a. Tanah Berbutir Halus	50.80	%
b. Tanah Berbutir Kasar	49.20	%
Batas-batas Atterberg		
a. Batas Cair (LL)	44.15	%
b. Batas Plastis (PL)	32.61	%
c. Index Plastisitas (PI)	11.54	%
d. Batas Susut (SL)	18.47	%
Bobot Isi	1.63	gram/cm ³
Berat Isi Tanah	1.42	gram/cm ³
Kuat Tekan Bebas		
a. Q_u	0.44	kg/cm ²
b. Modulus Elastisitas	2500	kN/m ²

Lanjutan Tabel 4

Geser Langsung		
a. Kohesi (c)	0.18	kg/cm ²
b. Sudut Geser Dalam (ϕ)	11.98	°
Kompaksi		
a. Berat Isi Kering (w_{opt})	29,30	%
b. Kadar Air (γ_{dry})	1,328	gram/cm ³

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Tanah Timbunan

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	
	Nilai	Unit
Kadar Air (w)	29.75	%
Berat Isi Tanah	1.60	gram/cm ³
Kuat Tekan Bebas		
a. Q_u	0,60	kg/cm ²
b. Modulus Elastisitas	6000	kN/m ²
Geser Langsung		
a. Kohesi (c)	0.22	kg/cm ²
b. Sudut Geser Dalam (ϕ)	14,96	°

Tanah diklasifikasikan dalam kelompok tanah berlanau atau berlempung (A-4, A-5, A-6, A-7), dengan kategori A-7-5, yaitu termasuk dalam klasifikasi tanah berlempung yang memiliki nilai indeks plastisitas >11. (AASHTO)

B. Karakteristik Material Kayu

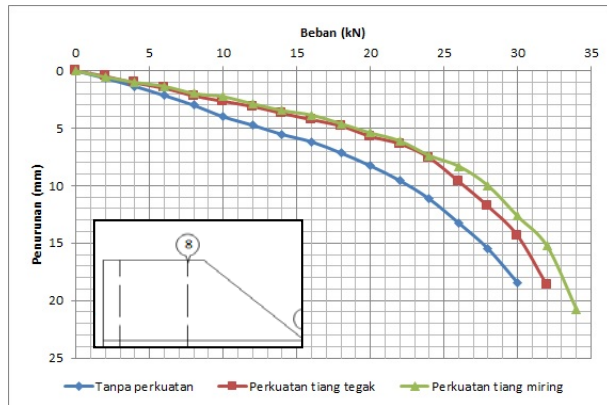
Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Cerucuk Kayu

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	
	Nilai	Unit
Kadar Air	21,58	%
Kuat Tarik	18,515	MPa
Elastisitas Tarik	690,243	MPa
Kuat Tekan Sejajar Serat	23,757	MPa
Elastisitas Tekan Sejajar	964,596	MPa
Kuat Tekan Tegak Lurus	14,710	MPa
Elastisitas Tekan Tegak Lurus Serat	591,320	MPa
Kuat Lentur	106,224	MPa
Kuat Belah	29,91	MPa

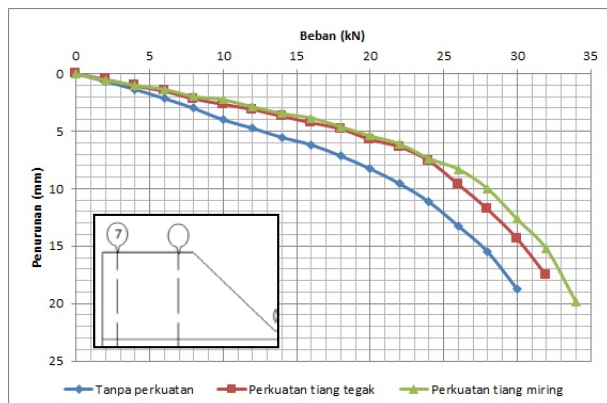
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap cerucuk kayu, diperoleh keterangan kayu yang digunakan termasuk kayu Kelas II.

C. Pola Penurunan Tiap Dial

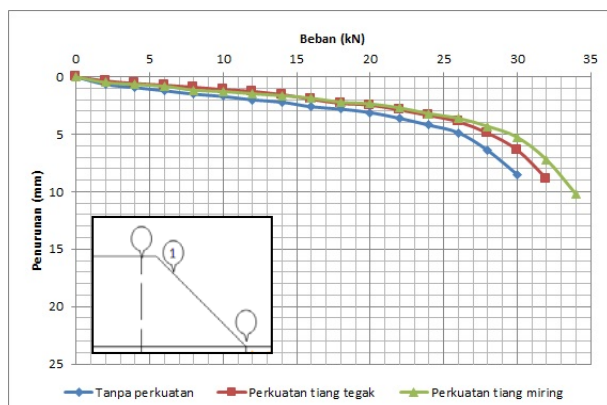
Hasil pengujian model dapat dilihat pada grafik hubungan penurunan dengan beban pada gambar di bawah ini.



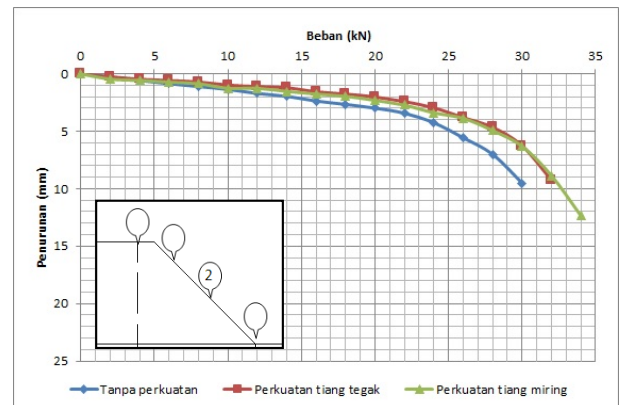
Gambar 4.1 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 8)



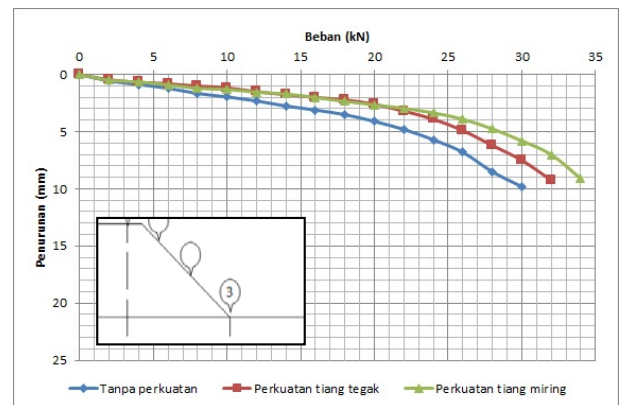
Gambar 4.2 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 7)



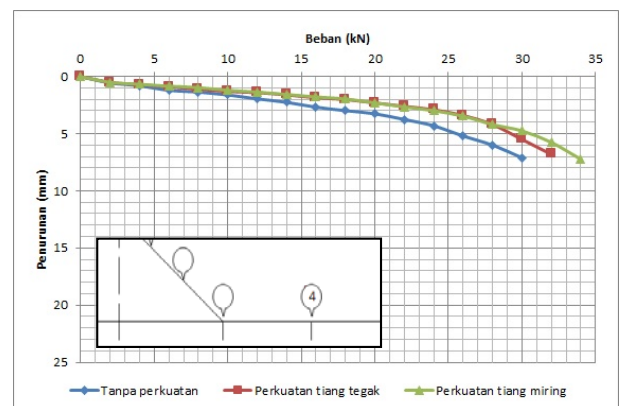
Gambar 4.3 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 1)



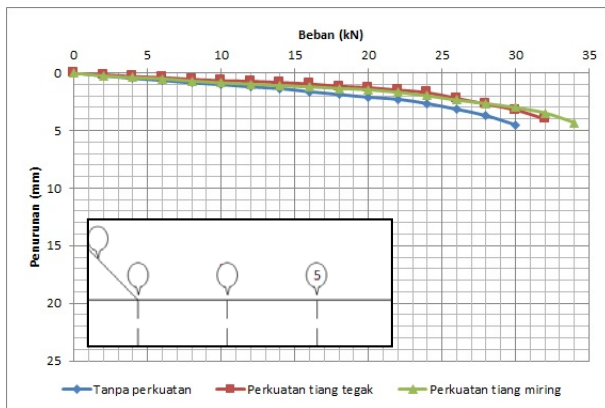
Gambar 4.4 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 2)



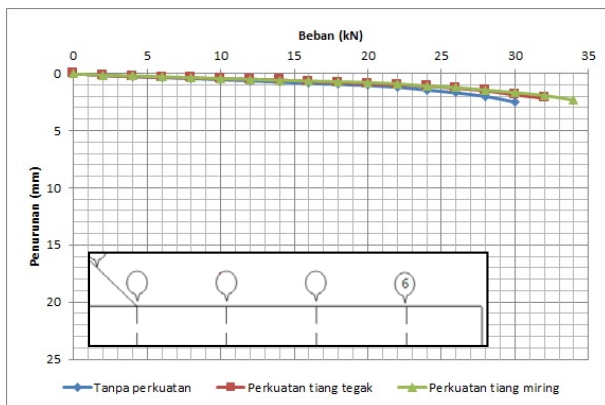
Gambar 4.5 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 3)



Gambar 4.6 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 4)



Gambar 4.7 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 5)

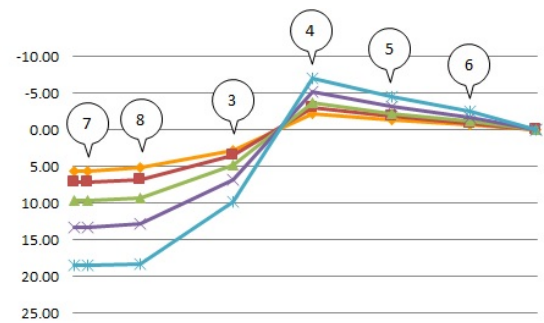


Gambar 4.8 Grafik hasil uji model hubungan beban vs penurunan (Pembacaan Dial 6)

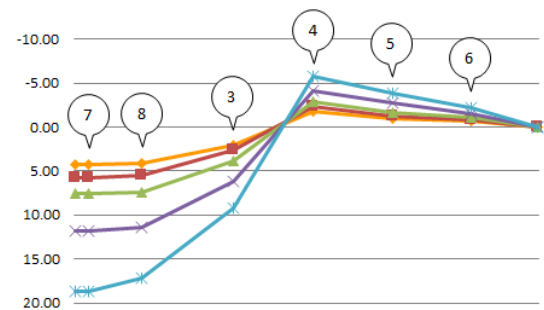
Dari hasil pengujian model perkuatan tanah dengan perkuatan cerucuk miring bahwa beban puncak yang bisa dipikul oleh embankment adalah sebesar 34 kN. Timbunan badan jalan dengan perkuatan cerucuk miring memberi pengaruh signifikan terhadap perkuatan tanah dengan nilai deformasi yang terlihat hanya sebesar 20,75 mm.

Tanah timbunan dengan model tanpa perkuatan saat dibebani sebesar 30 kN mengalami deformasi sebesar 18,45 mm.

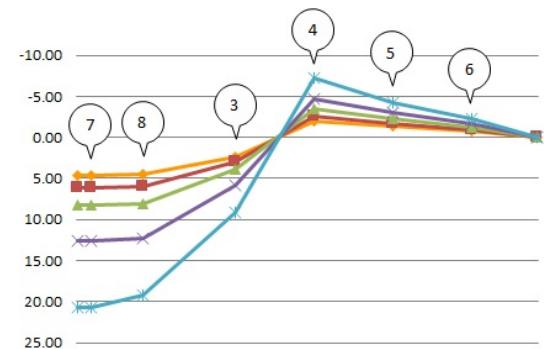
D. Pola Deformasi Pembebanan



Gambar 4.9 Grafik hasil uji model hubungan jarak vs deformasi tanah dasar tanpa perkuatan



Gambar 4.26 Grafik hasil uji model hubungan jarak vs deformasi tanah dasar dengan perkuatan cerucuk tegak



Gambar 4.27 Grafik hasil uji model hubungan jarak vs deformasi tanah dasar dengan perkuatan cerucuk miring

Hasil evaluasi dari kedua model pengujian tanah embankment terlihat bahwa penggunaan perkuatan cerucuk miring sangat berpengaruh pada daya dukung tanah dasar yang memikul beban dari embankment ketika diberikan beban secara terus menerus. Kemudian dari pola penurunan embankment model pengujian tanah perkuatan cerucuk miring dibandingkan dengan pola penurunan

embankment dan tanah dasar pengujian model tanah tanpa perkuatan, tampak perbedaan penurunan yang cukup besar.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik material tanah dan cerucuk kayu yang digunakan sebagai permodelan embankment pada tanah lunak, tanah diklasifikasikan dalam kelompok tanah berlanau atau berlempung (A-4, A-5, A-6, A-7), dengan kategori A-7-5, yaitu termasuk dalam klasifikasi tanah berlempung yang memiliki nilai indeks plastisitas >11 (AASHTO), dan cerucuk kayu dolken diklasifikasikan sebagai kayu Kelas II dengan memenuhi nilai kuat tekan tegak lurus serat yang disyaratkan 125-200 kg/cm² dan nilai kuat lentur yang disyaratkan 725-1100 kg/cm² (PKKI, 1973).
2. Dari hasil pengujian permodelan yang dilakukan, pola penurunan embankment yang terjadi dengan adanya perkuatan cerucuk miring dapat mereduksi penurunan yang terjadi sebesar 33,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowles, J.E. 1993. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Terjemahan oleh Ir. Johan Kelana Putra. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [2] Das, B.M. 1993. *Mekanika Tanah: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis (Jilid 1)*. Terjemahan oleh Endah Noor dan Indrasurya B Mochtar. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [3] De Beer, E.E. 1965. *The Scale Effect on the Phenomenon of Progressive Rupture in Cohesionless Soils*. 6th ICSMFE Vol.2, pp. 13-17.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Pedoman Teknik, No. 029/T/BM/1999: Tata Cara Pelaksanaan Pondasi Cerucut Kayu di Atas Tanah Lembek dan Tanah Gambut*. Jakarta: PT Mediatama Saptakarya.
- [5] Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Panduan Geoteknik 1: Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak. Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak*. Jakarta.
- [6] _____. 2002. *Panduan Geoteknik 2: Penyelidikan Tanah Lunak Desain & Pekerjaan Lapangan. Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak*. Jakarta.
- [7] _____. 2002. *Panduan Geoteknik 3: Penyelidikan Tanah Lunak Pengujian Laboratorium. Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak*. Jakarta.
- [8] _____. 2002. *Panduan Geoteknik 4: Desain dan Konstruksi. Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak*. Jakarta.
- [9] Desai, C.S. & Siriwardane, H.J. 1984. *Constitutive Laws for Engineering Materials with Emphasis on Geologic Materials*. London: Prentice-Hall International, Inc.
- [10] Frick, H., Moediartianto. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu: Pengantar Konstruksi Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- [11] Hadihardaja, J. 1997. *Rekayasa Pondasi I: Konstruksi Penahan Tanah*. Jakarta: Penerbit Gunadarma
- [12] _____. 1997. *Rekayasa Pondasi I: Pondasi Dangkal dan Pondasi Dalam*. Jakarta: Penerbit Gunadarma
- [13] Hardiyatmo, C.H. 2012. *Mekanika Tanah 1* (Edisi ke-6). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [14] _____. 2014. *Mekanika Tanah 2* (Edisi ke-5). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [15] Harianto, T., Djamaluddin, A. R., Muhiddin, A. B., Maricar, I., and Sitepu, F. 2012. Characteristic's and Behaviour Study on Raft and Pile Bamboo as a Soil Embankment Reinforcement (in Indonesia). *Proceeding of the 6th Annual Meeting of Konferensi Teknik Sipil (Konteks 6)*. Trisakti University, Jakarta. November 1-2, 2012. pG59-G65.